



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113505641 A

(43) 申请公布日 2021.10.15

(21) 申请号 202110617884.5

(22) 申请日 2021.06.03

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72) 发明人 程奥华 丘铨可 郝瀚 徐奕舟
聂宇轩 蒋玉骅 潘周捷 郑钢铁

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

代理人 罗文群

(51) Int. Cl.

G06K 9/00 (2006.01)

G06T 7/73 (2017.01)

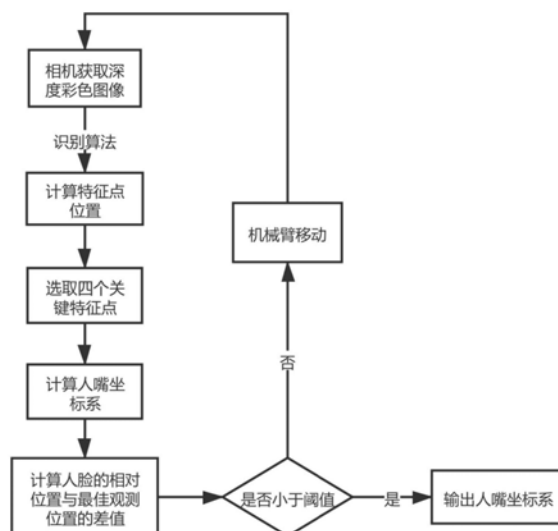
权利要求书1页 说明书2页 附图1页

(54) 发明名称

一种机器人对人嘴的识别定位方法

(57) 摘要

本发明属于自动化控制技术领域,涉及一种机器人对人嘴的识别定位方法。本发明通过深度彩色图像识别定位人脸关键特征点,进而计算建立人嘴坐标系,再计算相机相对人脸的最佳观测位置主动感知,最终准确定位口腔空间位置。具体步骤为:获取相机的深度彩色图像;将彩色图像输入到集成回归树中,计算出人脸特征点坐标;将彩色图像与深度图像耦合,坐标变换得到相机系中特征点的坐标;提取关键特征点计算建立人嘴坐标系;根据人嘴坐标最佳观测位置移动机械臂。本方法提高了深度相机的定位精度的问题,为机器人基于深度相机进行位置判断、采集数据等提供了坚实基础。



1. 一种机器人对人嘴的识别定位方法,其特征在于,该方法首先获取相机的深度彩色图像,将彩色图像输入到集成回归树中,计算出人脸特征点坐标,将彩色图像与深度图像耦合,坐标变换得到相机系中特征点的坐标,提取关键特征点,计算建立人嘴坐标系,根据人嘴坐标最佳观测位置移动机械臂。

2. 如权利要求1所述的识别定位方法,其特征在于,该方法具体包括以下步骤:

(1) 利用深度相机获取人脸的深度彩色图像,深度彩色图像的深度坐标为 z ;

(2) 采用梯度提升树算法,学习得到一个集成回归树;

(3) 将步骤(1)的彩色图像输入到步骤(2)的集成回归树中,计算出人脸的多个特征点在彩色图像上的二维坐标 (x_v, y_v) ;

(4) 将步骤(3)的二维坐标 (x_v, y_v) 和相应的步骤(1)的深度坐标 z 转换为深度相机坐标系下的三维坐标 (x, y, z) ,其中 $y = \frac{zy_v}{f}$, $x = \frac{zx_v}{f}$, $f = \frac{h}{2 \tan(\theta/2)}$ 为深度相机焦距(以像素为单位), h 为彩色图像的像素高度, θ 是深度相机的视野角度;

(5) 从步骤(3)的人脸特征点中选取人脸左嘴角特征点 F_1 、右嘴角特征点 F_2 、上嘴唇中点 F_3 和下嘴唇中点 F_4 ,进而得到左嘴角特征点 F_1 和右嘴角特征点 F_2 的连线 F_1F_2 ,以及上嘴唇中点 F_3 和下嘴唇中点 F_4 的连线 F_3F_4 ,将连线 F_1F_2 和连线 F_3F_4 的公垂线作为人嘴坐标系上的 z 轴, z 轴的方向向量为上述连线的叉乘的单位向量 \vec{z} , $\vec{z} = \overrightarrow{F_2F_1} \times \overrightarrow{F_4F_3} / \|\overrightarrow{F_2F_1} \times \overrightarrow{F_4F_3}\|$;公垂线通过左右嘴角连线的交点在深度相机坐标系中的位置为 $\vec{O} = \vec{F_1} + t\overrightarrow{F_2F_1}$,其中, $\vec{F_1}$ 为左嘴角坐标,系数 $t = (\overrightarrow{F_3} - \vec{F_1}) \cdot (\overrightarrow{F_2F_1}) / \|\overrightarrow{F_2F_1}\|^2$, $\vec{F_3}$ 为上嘴唇中点在相机坐标系下的坐标, $\overrightarrow{F_2F_1}$ 为相机坐标系下左嘴角和右嘴角连线的向量,记该交点为 O ,将 O 作为人嘴坐标系中的原点;以连线 F_1F_2 为人嘴坐标系上的 x 轴, x 轴的方向向量为 $\vec{x} = \overrightarrow{F_2F_1} / \|\overrightarrow{F_2F_1}\|$,以连线 F_1F_2 与 z 轴的叉乘方向按右手系原则得出人嘴坐标系上的 y 轴, y 轴的方向向量为 $\vec{y} = \vec{z} \times \vec{x}$,得到人嘴的三维坐标系 $O\vec{x}\vec{y}\vec{z}$;

(6) 利用下式,根据步骤(5)的人嘴坐标系原点在深度相机坐标系中的位置为 \vec{O} ,计算得到深度相机相对于人嘴坐标系的当前位置坐标 (x_c, y_c, z_c) :

$$x_c = -\vec{O} \cdot \vec{x}, y_c = -\vec{O} \cdot \vec{y}, z_c = -\vec{O} \cdot \vec{z}$$

(7) 根据深度相机观测人脸的最佳位置,设定一个坐标差阈值,将最佳位置坐标与步骤(6)的当前位置坐标进行比较,若最佳位置坐标与当前位置坐标的差值大于坐标差阈值,则使机械臂运动根据该差值运动到最佳位置,重复步骤(1)-步骤(6),若最佳位置坐标与当前位置坐标的差值小于或等于坐标差阈值两个位置坐标的差值小于阈值,则深度相机到达最佳观测位置,完成机器人对人嘴的识别定位。

一种机器人对人嘴的识别定位方法

技术领域

[0001] 本发明属于自动化控制技术领域,涉及一种机器人对人嘴的识别定位方法,尤其涉及一种基于深度相机的机器人人嘴识别定位的主动感知方法。

背景技术

[0002] 传统的运用深度相机定位人脸的方式,往往专注于提高数据处理方式的精度,但却忽略了其测量的精度与准度也往往受到相机相对人脸的位置、角度等环境因素影响,在实际操作中,这种误差往往不可量化,造成实际测量过程中的风险增加。例如,专利CN108764089B《基于深度相机的人体背部脊柱中线识别方法》采取三次样条插值法处理获取曲率坐标;但数据点的获取精度依赖于观测角度与位置。在许多场景中,尤其是对于测量的精度与准度都有着很高要求的应用场景,这种误差引起的风险是不可接受的。本实用新型在采用传统的图像识别的方法提高精度而外,还能自主运动到最佳的观测位置,从数据本身和处理方式两方面提升深度相机的功效。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提出一种机器人对人嘴的识别定位方法,以克服传统技术的缺点,在各类高精度要求的应用场景中,能够自主寻找最优拍摄位置,以使人脸识别误差最小化,有效提高相机主动感知和识别定位的精度。

[0004] 本发明提出的机器人对人嘴的识别定位方法,首先获取相机的深度彩色图像,将彩色图像输入到集成回归树中,计算出人脸特征点坐标,将彩色图像与深度图像耦合,坐标变换得到相机系中特征点的坐标,提取关键特征点,计算建立人嘴坐标系,根据人嘴坐标最佳观测位置移动机械臂。

[0005] 本发明提出的机器人对人嘴的识别定位方法,其优点是:

[0006] 本发明的机器人对人嘴的识别定位方法,通过深度彩色图像识别定位人脸关键特征点,进而计算建立人嘴坐标系,再计算相机相对人脸的最佳观测位置主动感知,最终准确定位口腔空间位置。本发明的识别定位方法,较好地解决了人脸识别和定位的精度问题,有效降低了深度相机的测量误差,为医疗机器人的系统搭建、数据采集、实验分析打下了坚实的基础。

附图说明

[0007] 图1是本发明提出的机器人对人嘴识别定位方法的流程框图。

[0008] 图2是深度彩色图像到相机坐标系坐标变换示意图。

具体实施方式

[0009] 本发明提出的机器人对人嘴的识别定位方法,首先获取相机的深度彩色图像,将彩色图像输入到集成回归树中,计算出人脸特征点坐标,将彩色图像与深度图像耦合,坐标

变换得到相机系中特征点的坐标,提取关键特征点,计算建立人嘴坐标系,根据人嘴坐标最佳观测位置移动机械臂。

[0010] 上述识别定位方法的流程框图如图1所示,具体包括以下步骤:

[0011] (1) 利用深度相机获取人脸的深度彩色图像(简称RGBD图像),深度彩色图像的深度坐标为 z ;

[0012] (2) 采用梯度提升树算法,学习得到一个集成回归树;

[0013] (3) 将步骤(1)的彩色图像输入到步骤(2)的集成回归树中,计算出人脸的多个特征点在彩色图像上的二维坐标 (x_v, y_v) ;

[0014] (4) 将步骤(3)的二维坐标 (x_v, y_v) 和相应的步骤(1)的深度坐标 z 转换为深度相机坐标系下的三维坐标 (x, y, z) ,其中 $y = \frac{zy_v}{f}$, $x = \frac{zx_v}{f}$, $f = \frac{h}{2 \tan(\theta/2)}$ 为深度相机焦距(以像素为单位), h 为彩色图像的像素高度, θ 是深度相机的视野角度,如图2所示;

[0015] (5) 从步骤(3)的人脸特征点中选取人脸左嘴角特征点 F_1 、右嘴角特征点 F_2 、上嘴唇中点 F_3 和下嘴唇中点 F_4 ,进而得到左嘴角特征点 F_1 和右嘴角特征点 F_2 的连线 F_1F_2 ,以及上嘴唇中点 F_3 和下嘴唇中点 F_4 的连线 F_3F_4 ,将连线 F_1F_2 和连线 F_3F_4 的公垂线作为人嘴坐标系上的 z 轴, z 轴的方向向量为上述连线的叉乘的单位向量 \vec{z} , $\vec{z} = \overrightarrow{F_2F_1} \times \overrightarrow{F_4F_3} / \|\overrightarrow{F_2F_1} \times \overrightarrow{F_4F_3}\|$;公垂线通过左右嘴角连线的交点在深度相机坐标系中的位置为 $\vec{O} = \vec{F_1} + t\overrightarrow{F_2F_1}$,其中, $\vec{F_1}$ 为左嘴角坐标,系数 $t = (\vec{F_3} - \vec{F_1}) \cdot (\overrightarrow{F_2F_1}) / \|\overrightarrow{F_2F_1}\|^2$, $\vec{F_3}$ 为上嘴唇中点在相机坐标系下的坐标, $\overrightarrow{F_2F_1}$ 为相机坐标系下左嘴角和右嘴角连线的向量,记该交点为 O ,将 O 作为人嘴坐标系中的原点;以连线 F_1F_2 为人嘴坐标系上的 x 轴, x 轴的方向向量为 $\vec{x} = \overrightarrow{F_2F_1} / \|\overrightarrow{F_2F_1}\|$,以连线 F_1F_2 与 z 轴的叉乘方向按右手系原则得出人嘴坐标系上的 y 轴, y 轴的方向向量为 $\vec{y} = \vec{z} \times \vec{x}$,得到人嘴的三维坐标系 $O\vec{x}\vec{y}\vec{z}$;

[0016] (6) 利用下式,根据步骤(5)的人嘴坐标系原点在深度相机坐标系中的位置为 \vec{O} ,计算得到深度相机相对于人嘴坐标系的当前位置坐标 (x_c, y_c, z_c) :

$$[0017] \quad x_c = -\vec{O} \cdot \vec{x}, y_c = -\vec{O} \cdot \vec{y}, z_c = -\vec{O} \cdot \vec{z}$$

[0018] (7) 根据深度相机观测人脸的最佳位置,设定一个坐标差阈值,将最佳位置坐标与步骤(6)的当前位置坐标进行比较,若最佳位置坐标与当前位置坐标的差值大于坐标差阈值,则使机械臂运动根据该差值运动到最佳位置,重复步骤(1)-步骤(6),若最佳位置坐标与当前位置坐标的差值小于或等于坐标差阈值两个位置坐标的差值小于阈值,则深度相机到达最佳观测位置,完成机器人对人嘴的识别定位。

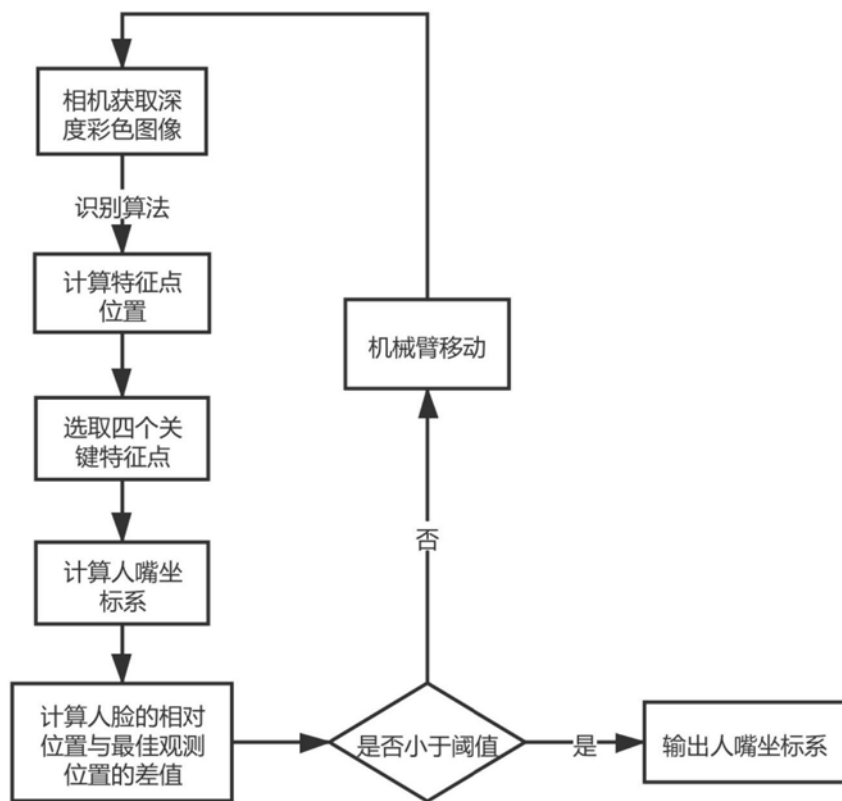


图1

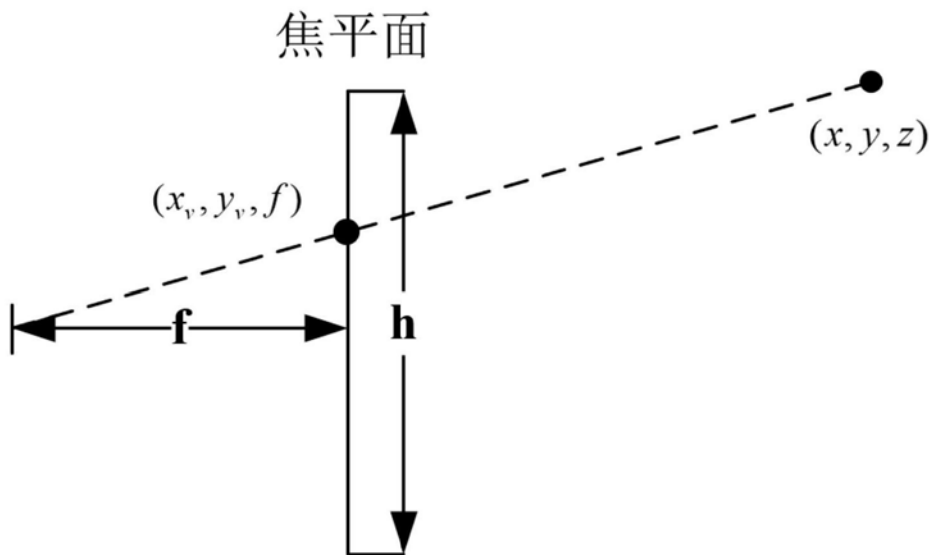


图2